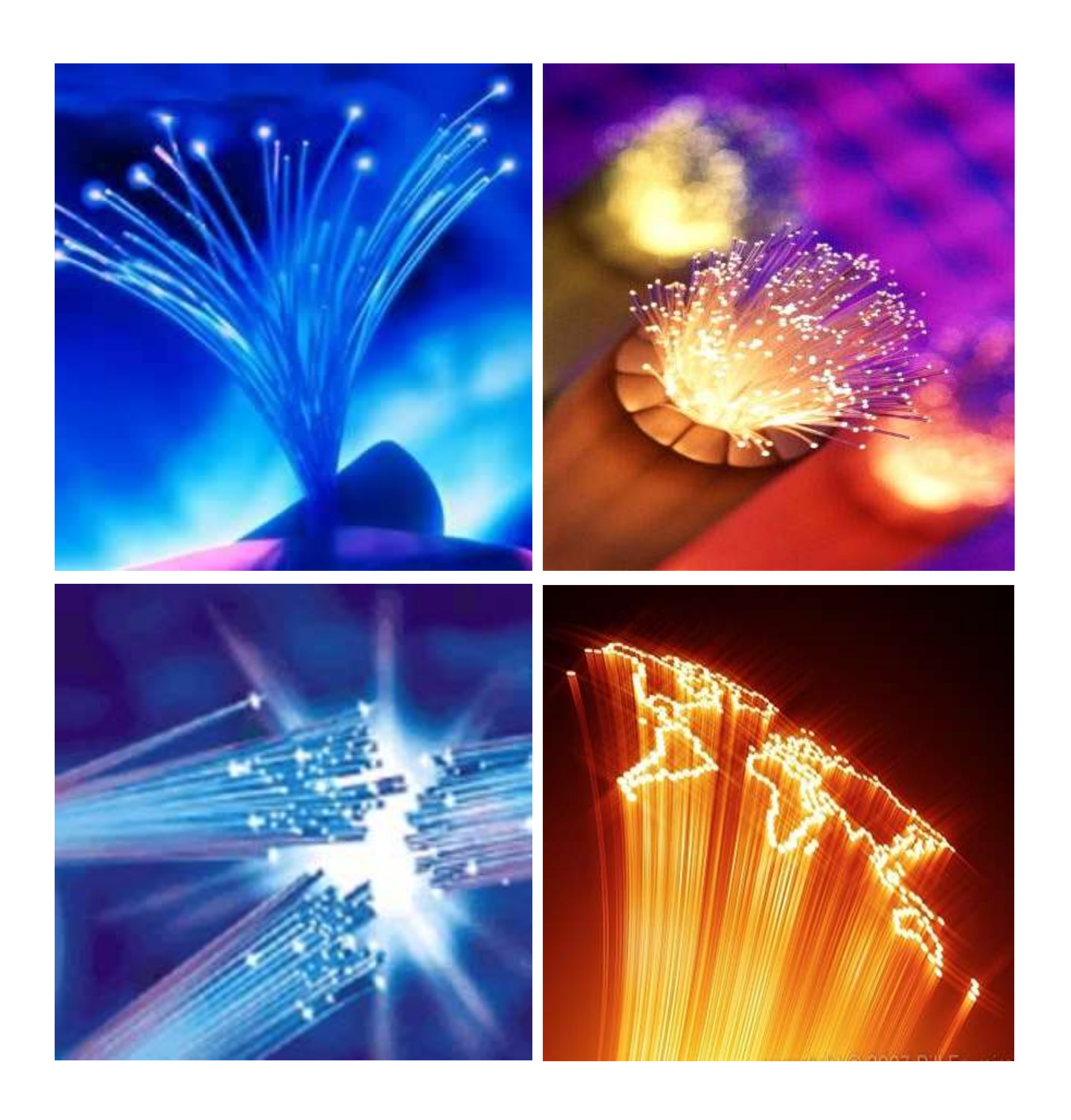


SISTEMAS DE FIBRA OPTICA

Ibrahín Alonso Vargas

www.icatron.org

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

El primer intento de utilizar la luz como soporte para una transmisión fue realizado por Alexander Graham Bell, en el año 1880. Utilizó un haz de luz para llevar información, pero se evidenció que la transmisión de las ondas de luz por la atmósfera de la tierra no es práctica debido a que el vapor de agua, oxigeno y partículas en el aire absorben y atenúan las señales en las frecuencias de luz.

Se ha buscado entonces la forma de transmitir usando una línea de transmisión de alta confiabilidad que no reciba perturbaciones desde el exterior, una guía de fibra llamada Fibra óptica la cual transmite información lumínica.

En poco más de 10 años la fibra óptica se ha convertido en una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión de información. Este novedoso material vino a revolucionar los procesos de las telecomunicaciones en todos los sentidos, desde lograr una mayor velocidad en la transmisión y disminuir casi en su totalidad los ruidos y las interferencias hasta multiplicar las formas de envío en comunicaciones y recepción por vía telefónica.

La Fibra Óptica es una varilla delgada y flexible de vidrio u otro material transparente con un índice de refracción alto, constituido de material dieléctrico (material que no tiene conductividad como vidrio o plástico), es capaz de concentrar, guiar y transmitir la luz con muy pocas pérdidas incluso cuando esté curvada. Está formada por dos cilindros concéntricos, el interior llamado núcleo (se construye de elevadísima pureza con el propósito de obtener una mínima atenuación) y el exterior llamado revestimiento que cubre el contorno (se construye con requisitos menos rigurosos), ambos tienen diferente índice de refracción (n2 del revestimiento es de 0.2 a 0.3 % inferior al del núcleo n_1).

Comparado con el sistema convencional de cables de cobre donde la atenuación de sus señales (decremento o reducción de la onda o frecuencia) es de tal magnitud que requieren de repetidores cada dos kilómetros para regenerar la transmisión, en el sistema de fibra óptica se pueden instalar tramos de hasta 70 km. Sin que halla necesidad de recurrir a repetidores lo que también hace más económico y de fácil mantenimiento este material.

HISTORIA Y EVOLUCION

Como resultado de estudios en física enfocados de la óptica, se descubrió un nuevo modo de empleo para la luz llamado rayo láser. Este último es usado con mayor vigor en el área de las telecomunicaciones, debido a lo factible que es enviar mensajes con altas velocidades y con una amplia cobertura. Sin embargo, no existía un conducto para hacer viajar los fotones originados por el láser.

La posibilidad de controlar un rayo de luz, dirigiéndolo en una trayectoria recta, se conoce desde hace mucho tiempo. En 1820, Augustine-Jane Fresnes ya conocía las ecuaciones por las que rige la captura de la luz dentro de una placa de cristal lisa. Su ampliación a lo que entonces se conocía como cables de vidrio fue obra de D. Hondros y Peter Debye en 1910. El físico irlandés John Tyndall descubrió que la luz podía viajar dentro de un material (agua), curvándose por reflexión interna, y en 1870 presentó sus estudios ante los miembros de la Real Sociedad. A partir de este principio se llevaron a cabo una serie de estudios, en los que demostraron el potencial del cristal como medio eficaz de transmisión a larga distancia. Además, se desarrollaron una serie de aplicaciones basadas en dicho principio para iluminar corrientes del agua en fuentes públicas. Más tarde, J. L. Baird registró patentes que describían la utilización de bastones sólidos de vidrio en la trasmisión de luz, para su empleo en un primitivo sistema de televisión de colores. El gran problema, sin embargo, es que las técnicas y los materiales usados no permitían la trasmisión de luz con buen rendimiento. Las pérdidas eran tan grandes y no había dispositivos de acoplamiento óptico.

Solamente en 1950 las fibras ópticas comenzaron a interesar a los investigadores, con muchas aplicaciones prácticas que estaban siendo desarrolladas. En 1952, el físico Narinder Singh Kapany, apoyándose en los estudios de John Tyndall, realizó experimentos que condujeron a la invención de la fibra óptica.

Uno de los primeros usos de la fibra óptica fue emplear un haz de fibras para la transmisión de imágenes, que se usó en el endoscopio médico. Usando la fibra óptica, se consiguió un endoscopio semiflexible, el cual fue patentado por la Universidad de Michigan en 1956. En este invento se usaron unas nuevas fibras forradas con un material de bajo índice de refracción, ya que antes se impregnaban con aceites o ceras. En esta misma época, se empezaron a utilizar filamentos delgados como el pelo que transportaban luz a distancias cortas, tanto en la industria como en la medicina, de forma que la luz podía llegar a lugares que de otra forma serían inaccesibles. El único problema era que esta luz perdía hasta el 99% de su intensidad al atravesar distancias de hasta de 9 metros de fibra.

Charles Kao, en su tesis doctoral de 1956, estimó que las máximas pérdidas que debería tener la fibra óptica, para que resultara práctica en enlaces de comunicaciones, eran de 20 dB/km.

En 1966, en un comunicado dirigido a la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia, los investigadores Charles Kao y G. A. Hockham, de los laboratorios de Standard

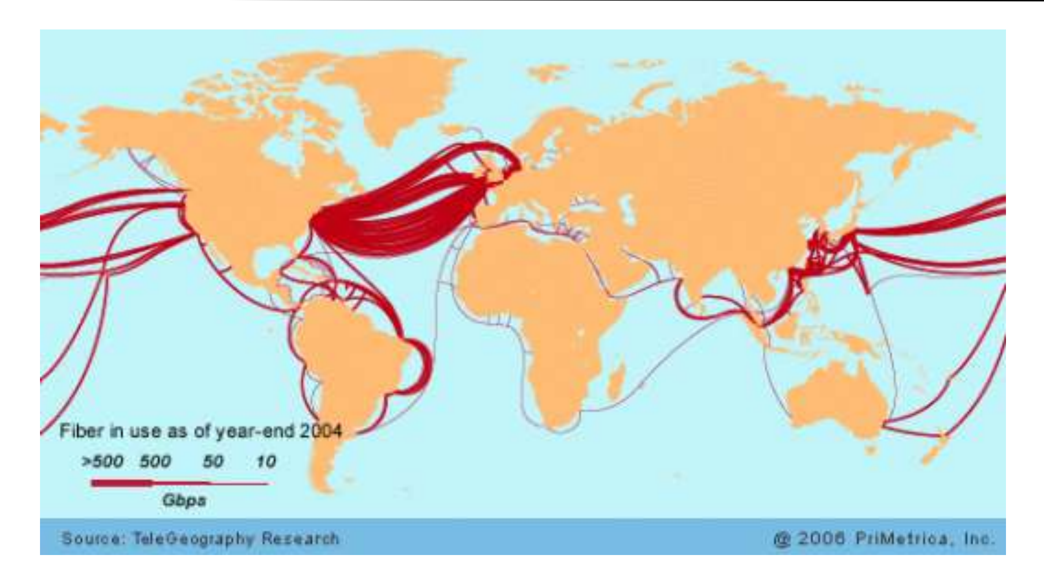
Telecommunications, en Inglaterra, afirmaron que se podía disponer de fibras de una transparencia mayor y propusieron el uso de fibras de vidrio y luz, en lugar de electricidad y conductores metálicos, en la trasmisión de mensajes telefónicos. La obtención de tales fibras exigió grandes esfuerzos de los investigadores, ya que las fibras hasta entonces presentaban pérdidas de orden de 100 dB por kilómetro, además de una banda pasante estrecha y una enorme fragilidad mecánica. Este estudio constituyó la base para mejorar las pérdidas de las señales ópticas que hasta el momento eran muy significativas y no permitían el aprovechamiento de esta tecnología. En un artículo teórico, demostraron que las grandes pérdidas características de las fibras existentes se debían a impurezas diminutas intrínsecas del cristal. Mientras tanto, como resultado de los esfuerzos, se hicieron nuevas fibras con atenuación de 20 dB por kilómetro y una banda pasante de 1 GHz para un largo de 1 km, con la perspectiva de sustituir los cables coaxiales. La utilización de fibras de 100 µm de diámetro, envueltas en nylon resistente, permitirían la construcción de hilos tan fuertes que no podían romperse con las manos. Hoy ya existen fibras ópticas con atenuaciones tan pequeñas de hasta 1 dB por kilómetro, lo que es muchísimo menor a las pérdidas de un cable coaxial.

El artículo de Kao-Hockman estimuló a algunos investigadores a producir dichas fibras con bajas pérdidas. El gran avance se produjo en 1970, cuando los investigadores Maurer, Keck, Schultz y Zimar que trabajaban para Corning Glass, fabricaron la primera fibra óptica aplicando impurezas de titanio en sílice, con cientos de metros de largo con la claridad cristalina que Kao y Hockman habían propuesto. Las pérdidas eran de 17 dB/km. Durante esta década las técnicas de fabricación se mejoraron, consiguiendo pérdidas de tan solo 0,5 dB/km.

Poco después, Panish y Hayashi, de los laboratorios Bell, mostraron un láser de semiconductores que podía funcionar continuamente a temperatura ambiente. En 1978 ya se transmitía a 10 Gb km/segundos. Además, John MacChesney y sus colaboradores, también de los laboratorios Bell, desarrollaron independientemente métodos de preparación de fibras. Todas estas actividades marcaron un punto decisivo ya que ahora, existían los medios para llevar las comunicaciones de fibra óptica fuera de los laboratorios, al campo de la ingeniería habitual. Durante la siguiente década, a medida que continuaban las investigaciones, las fibras ópticas mejoraron constantemente su transparencia.

El 22 de abril de 1977, General Telephone and Electronics envió la primera transmisión telefónica a través de fibra óptica, en 6 Mbit/s, en Long Beach, California.

El amplificador que marcó un antes y un después en el uso de la fibra óptica en conexiones interurbanas, reduciendo el coste de ellas, fue el amplificador óptico inventado por David Payne, de la Universidad de Southampton, y por Emmanuel Desurvire en los Laboratorios Bell. A ambos se les concedió la medalla Benjamin Franklin en 1988.



Cable submarino de fibra óptica.

En 1980, las mejores fibras eran tan transparentes que una señal podía atravesar 240 kilómetros de fibra antes de debilitarse hasta ser indetectable. Pero las fibras ópticas con este grado de transparencia no se podían fabricar usando métodos tradicionales. El gran avance se produjo cuando se dieron cuenta de que el cristal de sílice puro, sin ninguna impureza de metal que absorbiese luz, solamente se podía fabricar directamente a partir de componentes de vapor, evitando de esta forma la contaminación que inevitablemente resultaba del uso convencional de los crisoles de fundición. También en 1980, AT&T presentó a la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos un proyecto de un sistema de 978 kilómetros que conectaría las principales ciudades del corredor que iba de Boston a Washington. Cuatro años después, cuando el sistema comenzó a funcionar, su cable, de menos de 25 centímetros de diámetro, proporcionaba 80.000 canales de voz para conversaciones telefónicas simultáneas. Para entonces, la longitud total de los cables de fibra únicamente en los Estados Unidos alcanzaba 400.000 kilómetros (lo suficiente para llegar a la luna).

Pronto, cables similares atravesaron los océanos del mundo. El primer enlace transoceánico con fibra óptica fue el TAT-8 que comenzó a operar en 1988, usando un cristal tan transparente que los amplificadores para regenerar las señales débiles se podían colocar a distancias de más de 64 kilómetros. Tres años después, otro cable transatlántico duplicó la capacidad del primero. Los cables que cruzan el Pacífico también han entrado en funcionamiento. Desde entonces, se ha empleado fibra óptica en multitud de enlaces transoceánicos o entre ciudades, y paulatinamente se va extendiendo su uso desde las redes troncales de las operadoras hacia los usuarios finales.

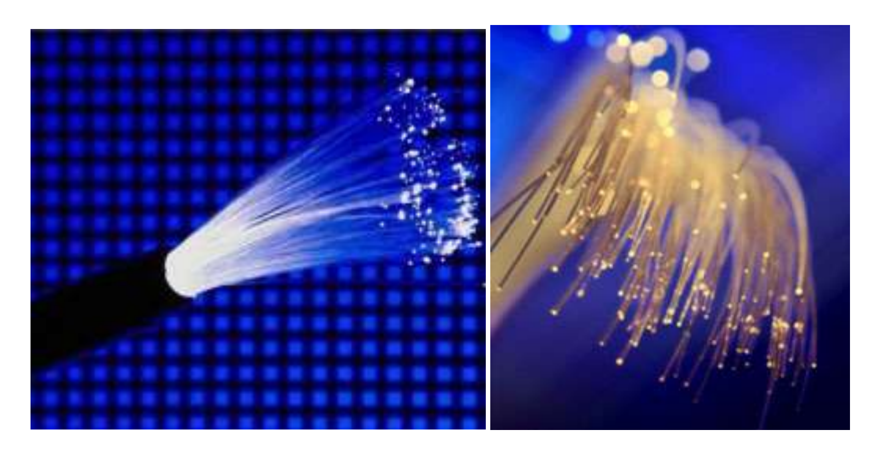
Hoy en día, debido a sus mínimas pérdidas de señal y a sus óptimas propiedades de ancho de banda, la fibra óptica puede ser usada a distancias más largas que el cable de cobre. Además, la fibra por su peso y tamaño reducido, hace que sea muy útil en entornos donde el cable de cobre sería impracticable.

DEFINICIÓN DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el núcleo de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

Las fibras ópticas pueden ahora usarse como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas).



El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

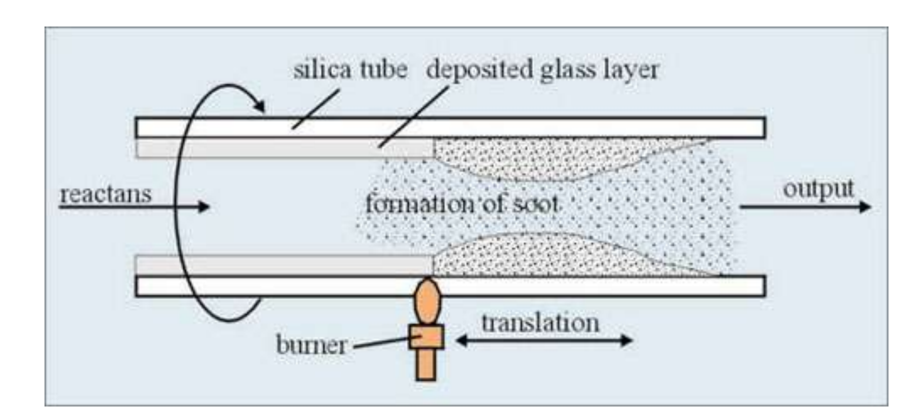
FABRICACION DE LA FIBRA ÓPTICA

Una vez obtenida mediante procesos químicos la materia de la fibra óptica, se pasa a su fabricación. Proceso continuo en el tiempo que básicamente se puede describir a través de tres etapas; la fabricación de la preforma, el estirado de esta y por último las pruebas y mediciones. Para la creación de la preforma existen cuatro procesos que son principalmente utilizados.

La etapa de fabricación de la preforma puede ser a través de alguno de los siguientes métodos:

Deposición de Vapor Químico modificado (*M.C.V.D Modifield Chemical Vapor Deposition)*

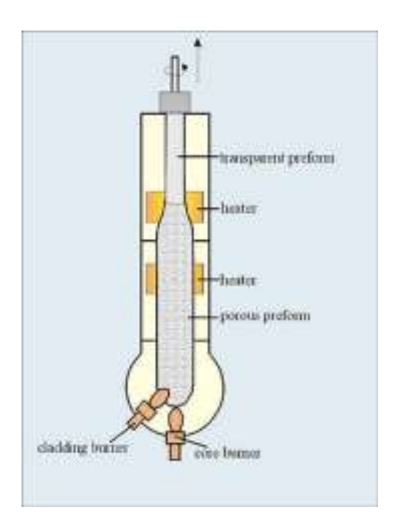
Fue desarrollado originalmente por Corning Glass y modificado por los Laboratorios Bell Telephone para su uso industrial. Utiliza un tubo de cuarzo puro de donde se parte y es depositado en su interior la mezcla de dióxido de silicio y aditivos de dopado en forma de capas concéntricas. A continuación en el proceso industrial se instala el tubo en un torno giratorio. El tubo es calentado hasta alcanzar una temperatura comprendida entre 1.400ºC y 1.600ºC mediante un quemador de hidrógeno y oxígeno. Al girar el torno el quemador comienza a desplazarse a lo largo del tubo. Por un extremo del tubo se introducen los aditivos de dopado, parte fundamental del proceso, ya que de la proporción de estos aditivos dependerá el perfil final del índice de refracción del núcleo. La deposición de las sucesivas capas se obtienen de las sucesivas pasadas del quemador, mientras el torno gira; quedando de esta forma sintezado el núcleo de la fibra óptica. La operación que resta es el colapso, se logra igualmente con el continuo desplazamiento del quemador, solo que ahora a una temperatura comprendida entre 1.700ºC y 1.800ºC. Precisamente es esta temperatura la que garantiza el ablandamiento del cuarzo, convirtiéndose así el tubo en el cilindro macizo que constituye la preforma. Las dimensiones de la preforma suelen ser de un metro de longitud útil y de un centímetro de diámetro exterior.



Deposición de Vapor axial (*V.A.D Vapor Axial Deposition)*

Su funcionamiento se basa en la técnica desarrollada por la Nippon Telephone and Telegraph (N.T.T), muy utilizado en Japón por compañías dedicadas a la fabricación de fibras ópticas. La materia prima que utiliza es la misma que el método M.C.V.D, su diferencia con este radica, que en este último solamente se depositaba el núcleo, mientras que en este además del núcleo de la FO se deposita el revestimiento. Por esta razón debe cuidarse que en la zona de deposición axial o núcleo, se deposite más dióxido de germanio que en la periferia, lo que se logran a través de la introducción de los parámetros de diseño en el software que sirve de apoyo en el proceso de fabricación. A partir de un cilindro de vidrio auxiliar que sirve de soporte para la preforma, se inicia el proceso de creación de esta, depositándose ordenadamente los materiales, a partir del extremo del cilindro quedando así conformada la llamada "preforma porosa". Conforme su tasa de crecimiento se va desprendiendo del cilindro auxiliar de vidrio. El siguiente paso consiste en el colapsado, donde se somete la preforma porosa a una temperatura comprendida entre los 1.500ºC y 1.700ºC, lográndose así el reblandamiento del cuarzo. Quedando convertida la preforma porosa hueca en su interior en el cilindro macizo y transparente, mediante el cual se suele describir la preforma.

Entre sus ventajas, comparado con el método anterior (M.C.V.D) permite obtener preformas con mayor diámetro y mayor longitud a la vez que precisa un menor aporte energético. Como inconveniente se destaca como uno el de mayor connotación, la sofisticación que requiere en equipo necesarios para su realización.

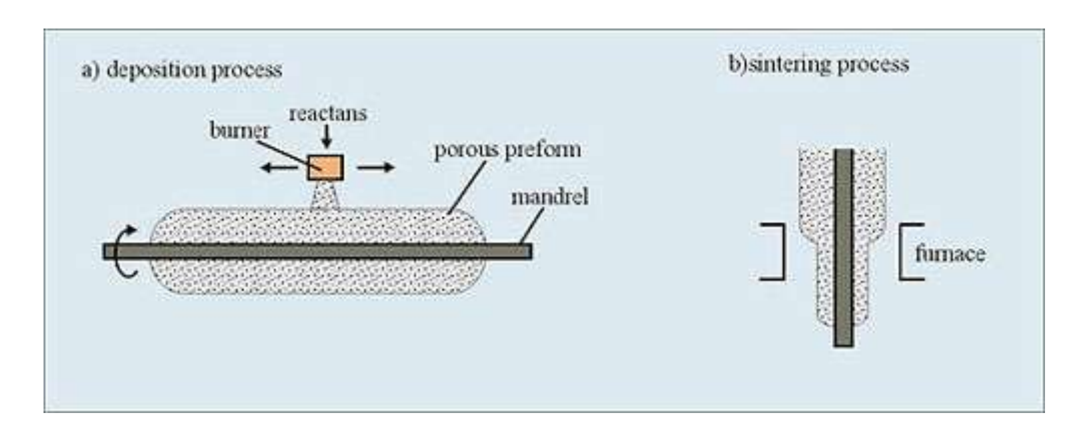


Método de Deposición de Vapor externo (*O.V.D Outside Vapor Deposition)*

Desarrollado por Corning Glass Work. Parte de una varilla de substrato cerámica y un quemador. En la llama del quemador son introducidos los cloruros vaporosos y esta caldea la varilla.A continuación se realiza el proceso denominado síntesis de la preforma, que consiste

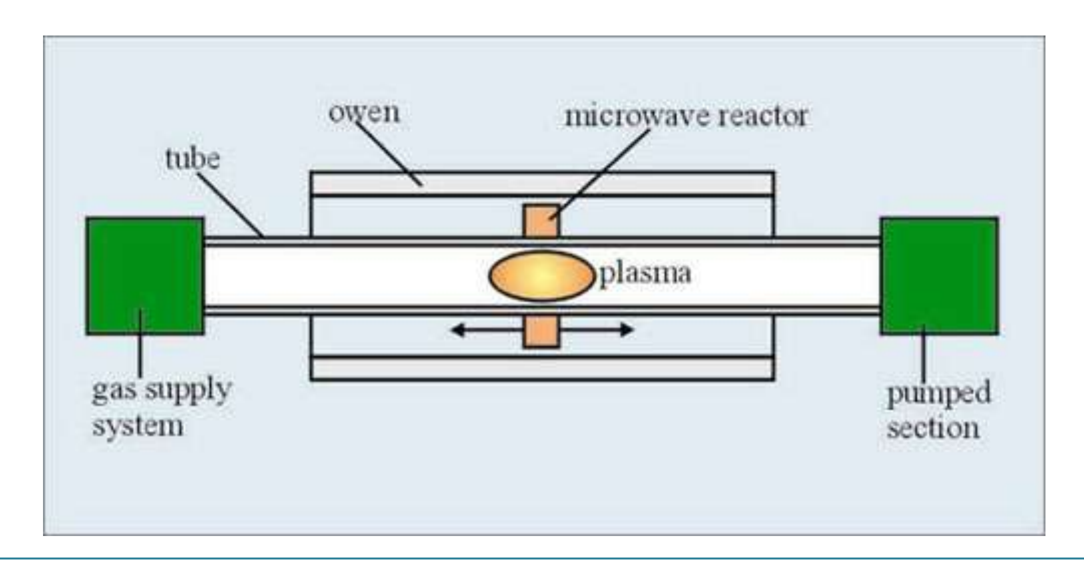
en el secado de la misma mediante cloro gaseoso y el correspondiente colapsado de forma análoga a los realizados con el método V.A.D, quedando así sintetizados el núcleo y revestimiento de la preforma.

Entre las Ventajas, es de citar que las tasas de deposición que se alcanzan son del orden de $4.3g\ /\ min$, lo que representa una tasa de fabricación de FO de $5km\ /\ h$, habiendo sido eliminadas las pérdidas iníciales en el paso de estirado de la preforma. También es posible la fabricación de fibras de muy baja atenuación y de gran calidad mediante la optimización en el proceso de secado, porque los perfiles así obtenidos son lisos y sin estructura anular reconocible.

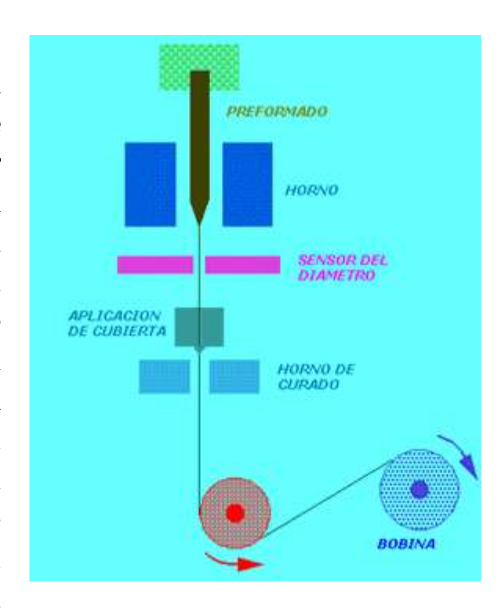


Metodo de Deposicion de vapor químico de plasma (P.C.V.D Plasma Chemical Vapor Deposition)

Es desarrollado por Philips, se caracteriza por la obtención de perfiles lisos sin estructura anular reconocible.Su principio se basa en la oxidación de los cloruros de silicio y germanio, creando en estos un estado de plasma, seguido del proceso de deposición interior.



La etapa de estirado de la preforma



Sea cualquiera que se utilice de las técnicas que permiten la construcción de la preforma es de común a todas el proceso de estirado de esta. Consiste básicamente en la existencia de un horno tubular abierto, en cuyo interior se somete la preforma a una temperatura de 2.000ºC, logrando así el reblandamiento del cuarzo y quedando fijado el diámetro exterior de la FO. Este diámetro se ha de mantener constante mientras se aplica una tensión sobre la preforma, para lograr esto precisamente la constancia y uniformidad en la tensión de tracción y l ausencia de corrientes de convección en el interior del horno, son los factores que lo permiten. En este proceso se ha de cuidar que en la atmósfera interior del horno esté aislada de partículas provenientes del exterior para evitar que la superficie reblandecida de la FO pueda ser contaminada, o se puedan crear microfisuras, con la consecuente e inevitable rotura de la fibra. También es aquí donde se aplica a la fibra un material sintético, que generalmente es un polimerizado viscoso, el cual posibilita las elevadas velocidades de estirado, comprendidas entre $1m / sg$ y $3m / sg$, conformándose así una capa uniforme sobre la fibra totalmente libre de burbujas e impurezas. Posteriormente se pasa al endurecimiento de la protección antes descrita quedando así la capa definitiva de polímero elástico. Esto se realiza habitualmente mediante procesos térmicos o a través de procesos de reacciones químicas mediante el empleo de radiaciones ultravioletas.

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. el núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz



CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA OPTICA

Características Generales:

Coberturas más resistentes:

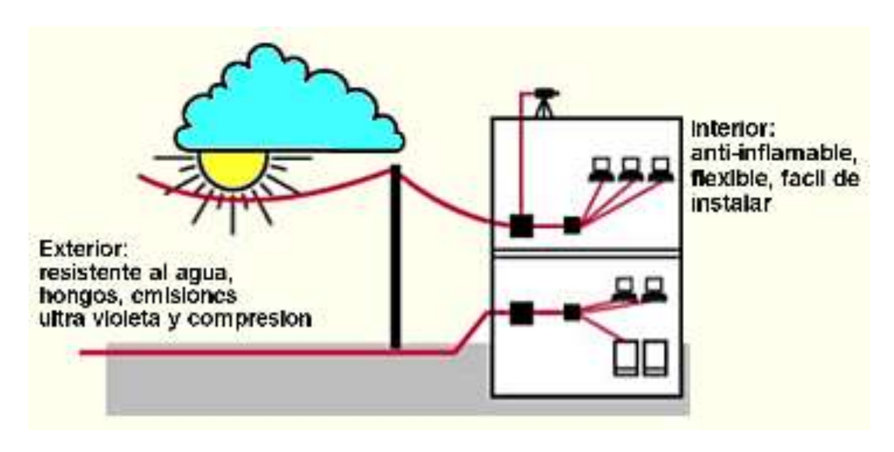
La cubierta especial es extruida a alta presión directamente sobre el mismo núcleo del cable, resultando en que la superficie interna de la cubierta del cable tenga arista helicoidal que se aseguran con los subcables.

La cubierta contiene 25% más material que las cubiertas convencionales.



Uso Dual (interior y exterior):

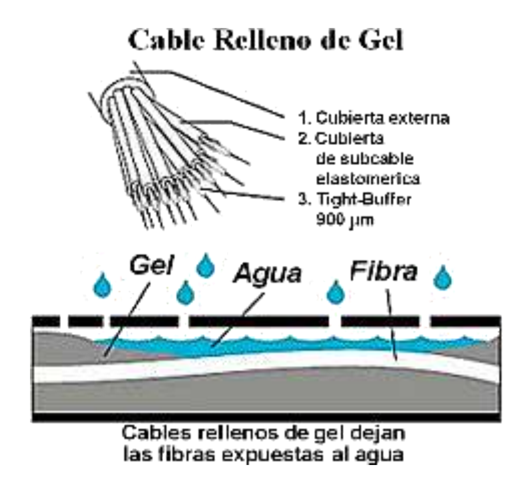
La resistencia al agua, hongos y emisiones ultra violeta; la cubierta resistente; buffer de 900 µm; fibras ópticas probadas bajo 100 kpsi; y funcionamiento ambiental extendida; contribuyen a una mayor confiabilidad durante el tiempo de vida.



Mayor protección en lugares húmedos:

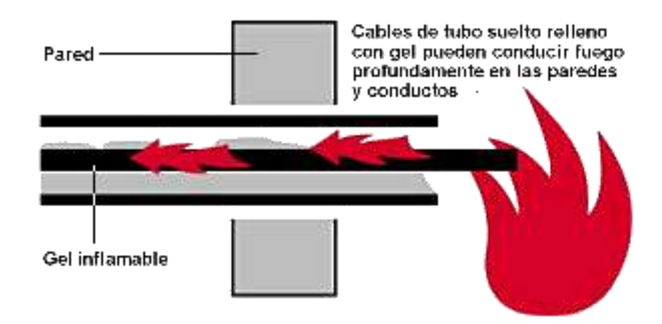
En cables de tubo holgado rellenos de gel, el gel dentro de la cubierta se asienta dejando canales que permitan que el agua migre hacia los puntos de terminación. El agua puede acumularse en pequeñas piscinas en los vacíos, y cuando la delicada fibra óptica es expuesta,

la vida útil es recortada por los efectos dañinos del agua en contacto. combaten la intrusión de humedad con múltiples capas de protección alrededor de la fibra óptica. El resultado es una mayor vida útil, mayor confiabilidad especialmente ambientes húmedos.



Protección Anti-inflamable:

Los nuevos avances en protección anti-inflamable hacen que disminuya el riesgo que suponen las instalaciones antiguas de Fibra Óptica que contenían cubiertas de material inflamable y relleno de gel que también es inflamable.



Estos materiales no pueden cumplir con los requerimientos de las normas de instalación, presentan un riesgo adicional, y pueden además crear un reto costoso y difícil en la restauración después de un incendio. Con los nuevos avances en este campo y en el diseño de estos cables se eliminan estos riesgos y se cumple con las normas de instalación.

Empaquetado de alta densidad:

Con el máximo número de fibras en el menor diámetro posible se consigue una más rápida y más fácil instalación, donde el cable debe enfrentar dobleces agudos y espacios estrechos. Se ha llegado a conseguir un cable con 72 fibras de construcción súper densa cuyo diámetro es un 50% menor al de los cables convencionales.

Características Técnicas:

La fibra es un medio de transmisión de información analógica o digital. Las ondas electromagnéticas viajan en el espacio a la velocidad de la luz.

Básicamente, la fibra óptica está compuesta por una región cilíndrica, por la cual se efectúa la propagación, denominada núcleo y de una zona externa al núcleo y coaxial con él, totalmente necesaria para que se produzca el mecanismo de propagación, y que se denomina envoltura o revestimiento.

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

a) Del diseño geométrico de la fibra.

b) De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración. (diseño óptico)

c) De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra.





Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes. Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm. y proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos.

El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, redundando en su facilidad de instalación.

El sílice tiene un amplio margen de funcionamiento en lo referente a temperatura, pues funde a 600C. La F.O. presenta un funcionamiento uniforme desde -550 C a +125C sin degradación de sus características.

Características Mecánicas

La Fibra Óptica como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa.

Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo.

La investigación sobre componentes optoelectrónicos y fibras ópticas han traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra. Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y microcurvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

Las microcurvaturas y tensiones se determinan por medio de los ensayos de:

Tensión: cuando se estira o contrae el cable se pueden causar fuerzas que rebasen el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen microcurvaturas.

Compresión: es el esfuerzo transversal.

Impacto: se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.

Enrollamiento: existe siempre un límite para el ángulo de curvatura pero, la existencia del forro impide que se sobrepase.

Torsión: es el esfuerzo lateral y de tracción.

Limitaciones Térmicas: estas limitaciones difieren en alto grado según se trate de fibras realizadas a partir del vidrio o a partir de materiales sintéticos.

Otro objetivo es minimizar las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura. Tales diferencias se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno (número de fibras por mm2) o el costo de producción.

CLASES DE FIBRA ÓPTICA:

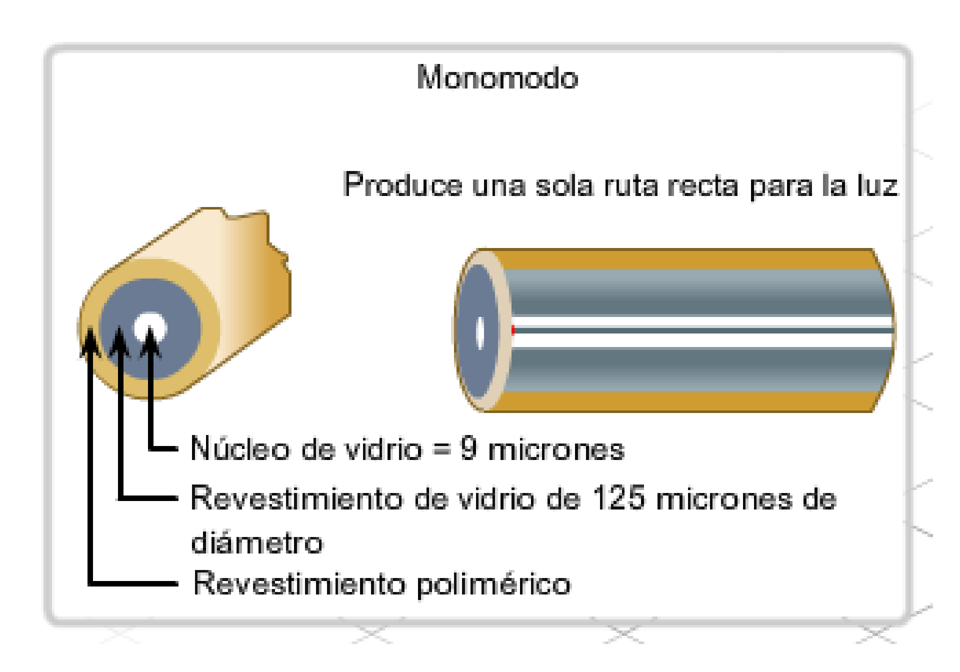
Según el modo de propagación

Hay dos grupos: Fibras Multimodo y Fibras Monomodo.

Fibra Monomodo:

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. El dibujo muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso,

único). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 m m. Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se dominan mal.



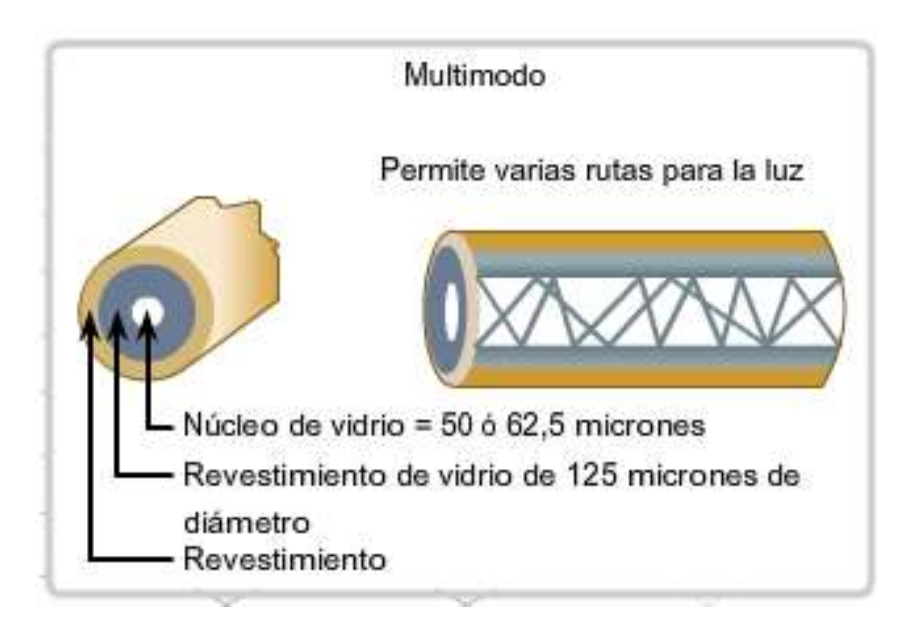
- Núcleo pequeño
- Menos dispersión
- Adecuado para aplicaciones de larga distancia
- Utiliza láser como fuente de luz
- Comúnmente utilizado con backbones de campus para distancias de varios miles de metros

Fibra Multimodo

Una fibra Multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km; es simple de diseñar y económico.

Su distancia máxima es de 2 km y usan diodos láser de baja intensidad.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.



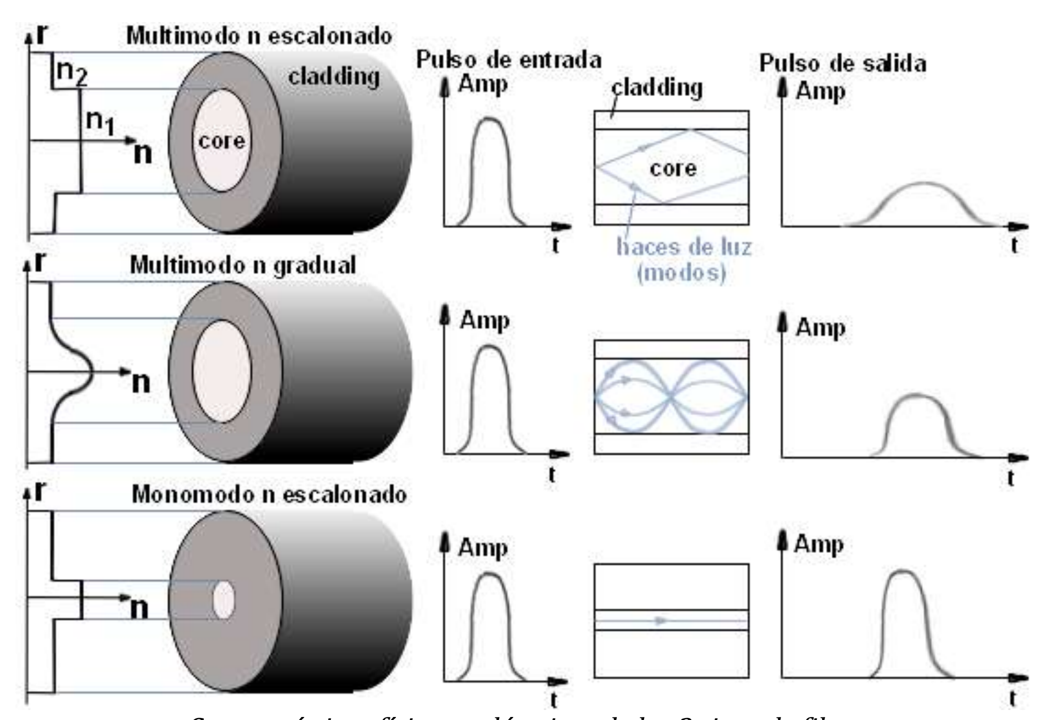
- Núcleo mayor que el del cable monomodo
- Permite mayor dispersión y, por lo tanto, pérdida de señal
- Adecuado para aplicaciones de larga distancia, pero para menores distancias que el monomodo
- Usa LED como fuente de luz
- Comúnmente utilizado en redes LAN o para distancias de unos doscientos metros dentro de redes de campus

Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

- **Índice escalonado**: en este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, tiene alta dispersión modal.
- **Índice gradual**: mientras en este tipo, el índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal y el núcleo se constituye de distintos materiales.

Además, según el sistema ISO 11801 para clasificación de fibras multimodo según su ancho de banda las fibras pueden ser OM1, OM2 0 OM3.

- OM1: Fibra 62.5/125 µm, soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), usan LED como emisores
- OM2: Fibra 50/125 µm, soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), usan LED como emisores
- OM3: Fibra 50/125 µm, soporta hasta 10 Gigabit Ethernet (300 m), usan láser como emisores.



Características físicas y eléctricas de las 2 tipos de fibra

Según su composición

Hay tres tipos disponibles actualmente:

- Núcleo de plástico y cubierta plástica
- Núcleo de vidrio con cubierta de plástico (frecuentemente llamada fibra PCS, El núcleo silicio cu bierta de plástico)

- Núcleo de vidrio y cubierta de vidrio (frecuentemente llamadas SCS, silicio cubierta de silicio)

Las fibras de plástico tienen ventajas sobre las fibras de vidrio por ser más flexibles y más fuertes, fáciles de instalar, pueden resistir mejor la presión, son menos costosas y pesan aproximadamente 60% menos que el vidrio. La desventaja es su característica de atenuación alta: no propagan la luz tan eficientemente como el vidrio. Por tanto las de plástico se limitan a distancias relativamente cortas, como puede ser dentro de un solo edificio.

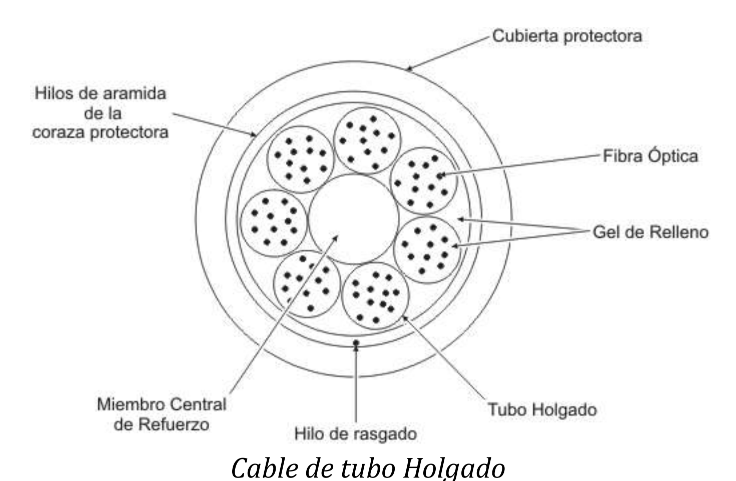
Las fibras con núcleos de vidrio tienen baja atenuación. Sin embargo, las fibras PCS son un poco mejores que las fibras SCS. Además, las fibras PCS son menos afectadas por la radiación y, por lo tanto, más atractivas a las aplicaciones militares. Desafortunadamente, los cables SCS son menos fuertes, y más sensibles al aumento en atenuación cuando se exponen a la radiación.

Cable de fibra óptica disponible en construcciones básicas:

- Cable de estructura holgada.
- Cable de estructura ajustada.
- Cable Blindado

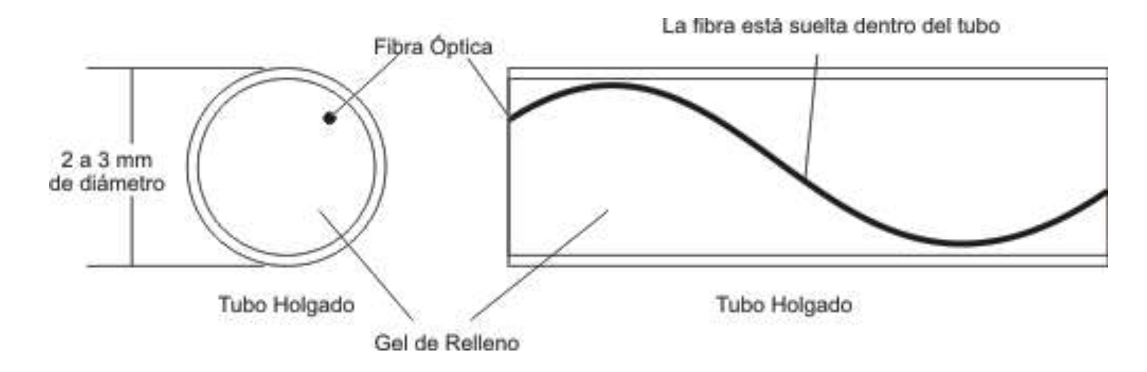
Cable de estructura holgada

Consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo, y rodeado de una cubierta protectora. El rasgo distintivo de este tipo de cable son los tubos de fibra. Cada tubo, de dos a tres milímetros de diámetro, lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos o, más comúnmente estar llenos de un gel resistente al agua que impide que ésta entre en la fibra. El tubo holgado aísla la fibra de las fuerzas mecánicas exteriores que se ejerzan sobre el cable.



Cable de tubo Holgado

El centro del cable contiene un elemento de refuerzo, que puede ser acero, Kevlar o un material similar. Este miembro proporciona al cable refuerzo y soporte durante las operaciones de tendido, así corno en las posiciones de instalación permanente. Debería amarrarse siempre con seguridad a la polea de tendido durante las operaciones de tendido del cable, y a los anclajes apropiados que hay en cajas de empalmes o paneles de conexión.

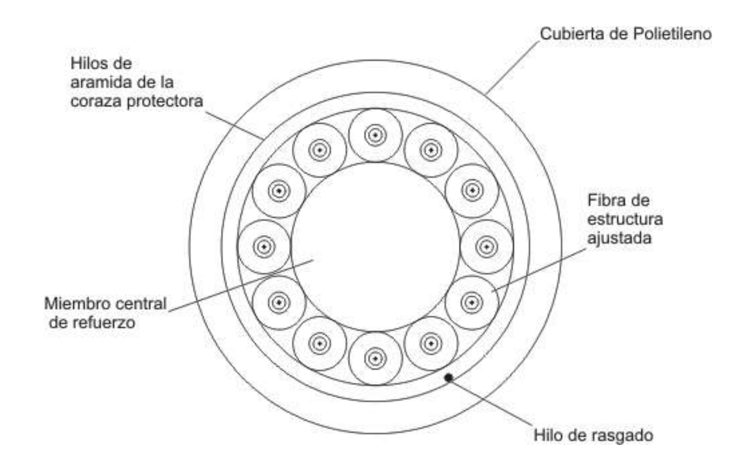


Tubo holgado de cable de fibra óptica

Los cables de estructura holgada se usan en la mayoría de las instalaciones exteriores, incluyendo aplicaciones aéreas, en tubos o conductos y en instalaciones directamente enterradas. El cable de estructura holgada no es muy adecuado para instalaciones en recorridos muy verticales, porque existe la posibilidad de que el gel interno fluya o que las fibras se muevan.

Cable de estructura ajustada

Contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, y todo ello cubierto dc una protección exterior. La protección secundaria de la fibra consiste en una cubierta plástica de 900 μm de diámetro que rodea a! recubrimiento de 250 μm de la fibra óptica.



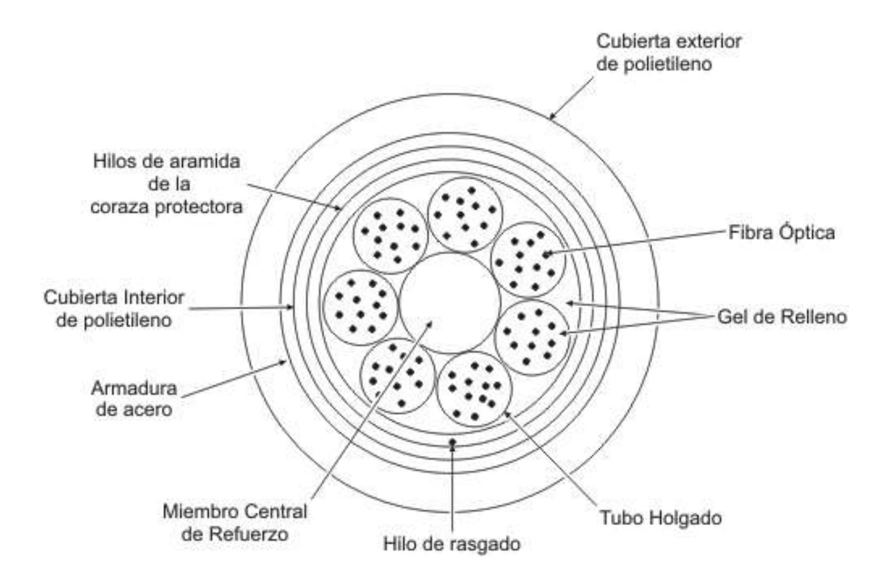
Cable de estructura ajustada

La protección secundaria proporciona a cada fibra individual una protección adicional frente al entorno así como un soporte físico. Esto permite a la fibra ser conectada directamente (conector instalado directamente en el cable de la fibra), sin la protección que ofrece una bandeja de empalmes. Para algunas instalaciones esto puede reducir cl coste de la instalación y disminuir el número de empalmes en un tendido de fibra. Debido al diseño ajustado del cable, es más sensible a las cargas de estiramiento o tracción y puede ver incrementadas las pérdidas por microcurvaturas.

Por una parte, un cable de estructura ajustada es más flexible y tiene un radio de curvatura más pequeño que el que tienen los cables de estructura holgada. En primer lugar. es un cable que se ha diseñado para instalaciones en el interior de los edificios. También se puede instalar en tendidos verticales más elevados que los cables de estructura holgada, debido al soporte individual de que dispone cada fibra.

Cable blindado

Tienen tina coraza protectora o armadura de acero debajo de la cubierta de polietileno. Esto proporciona al cable una resistencia excelente al aplastamiento y propiedades de protección frente a roedores. Se usa frecuentemente en aplicaciones de enterramiento directo o para instalaciones en entornos de industrias pesadas. El cable se encuentra disponible generalmente en estructura holgada aunque también hay cables de estructura ajustada.



Cable de fibra óptica con armadura

TIPOS DE CABLES DE FIBRA OPTICA PARA APLICACIONES ESPECIALES

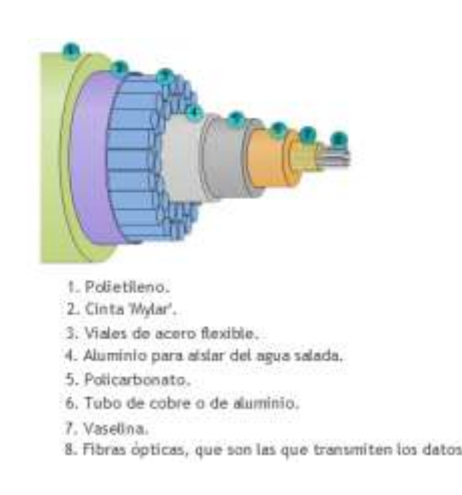
Cable aéreo autoportante

Es un cable de estructura holgada diseñado para ser utilizado en estructuras aéreas. No requiere un fijador corno soporte. Para asegurar el cable directamente a la estructura del poste se utilizan abrazaderas especiales. El cable se sitúa bajo tensión mecánica a lo largo del tendido.



Cable submarino

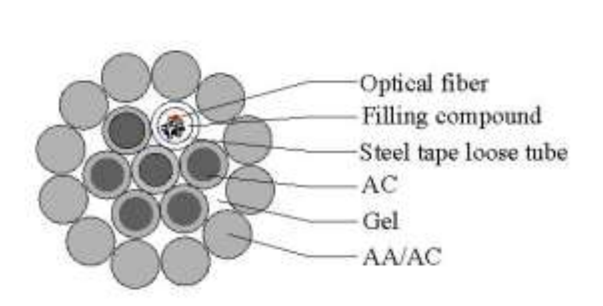
Es un cable de estructura holgada diseñado para permanecer sumergido en el agua. Actualmente muchos continentes están conectados por cables submarinos de fibra óptica transoceánicos.





Cable compuesto tierra-óptico (OPGW)

Es un cable de tierra que tiene fibras ópticas insertadas dentro de un tubo en el núcleo central del cable. Las fibras ópticas están completamente protegidas y rodeadas por pesados cables a tierra. Es utilizado por las compañías eléctricas para suministrar comunicaciones a lo largo de las rutas de las líneas de alta tensión.





Cables híbridos

Es un cable que contiene tanto fibras ópticas como pares de cobre.



Cable en abanico

Es un cable de estructura ajustada con un número pequeño de fibras y diseñado para una conexión directa y fácil (no se requiere un panel de conexiones).

COMPONENTES DE LA FIBRA ÓPTICA

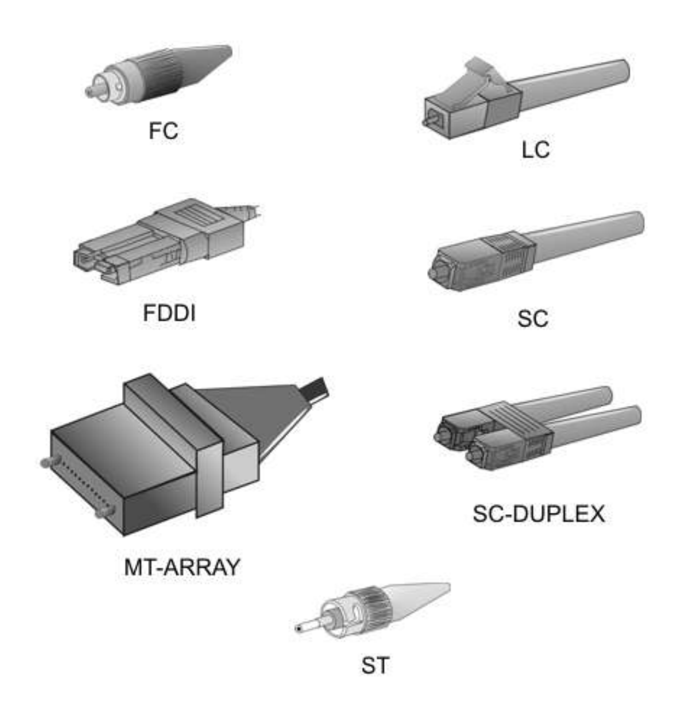
Dentro de los componentes que se usan en la fibra óptica caben destacar los siguientes: los conectores, el tipo de emisor del haz de luz, los conversores de luz, etc.

Tipos de conectores

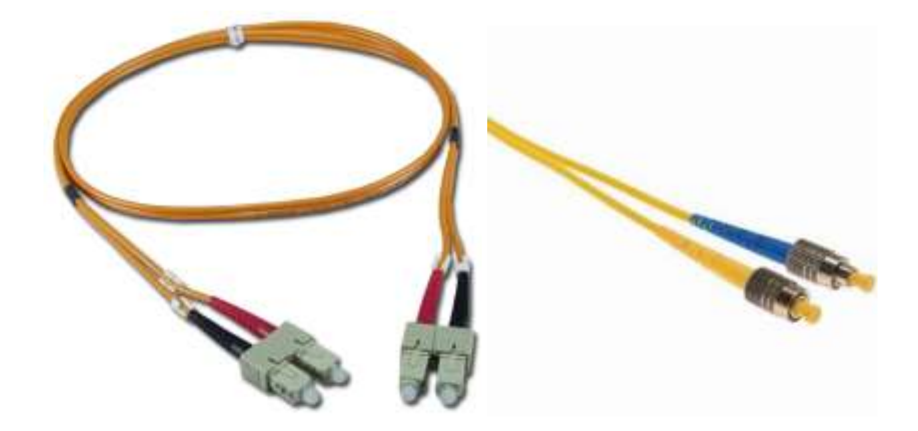
Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se hallan los siguientes:

Tipos de conectores de la fibra óptica.

- FC, que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- FDDI, se usa para redes de fibra óptica.
- LC y MT-Array que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.
- SC y SC-Dúplex se utilizan para la transmisión de datos.
- ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

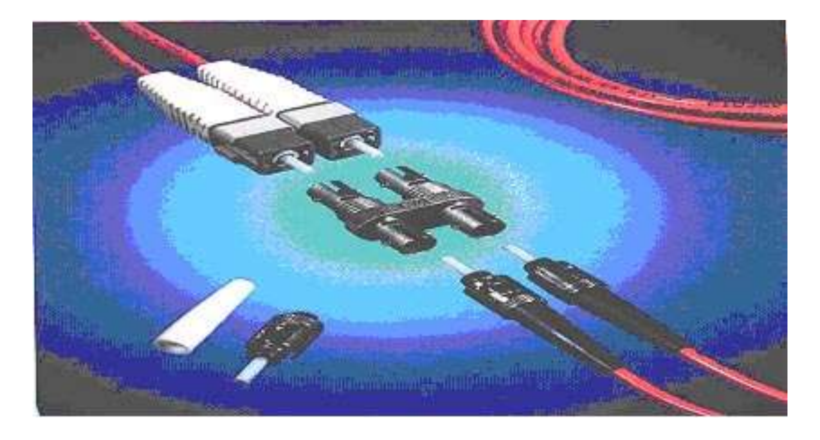


Los conectores y adaptadores Multimodo se representan por el color marfil Conectores y adaptadores Monomodo se representan por el color azul.

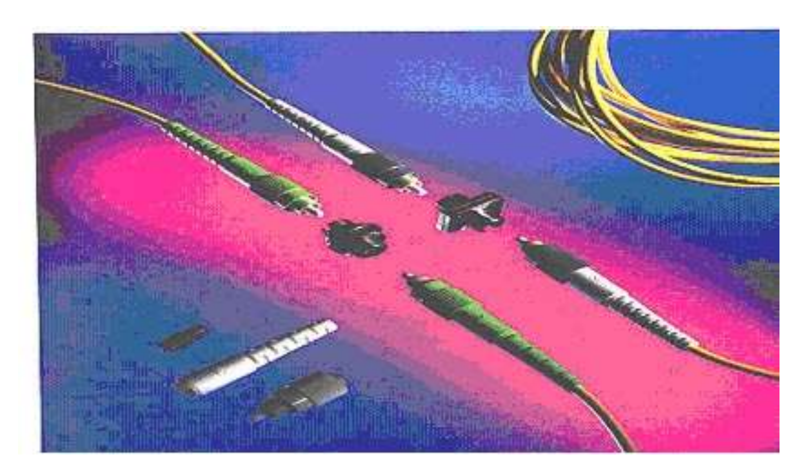


Para la terminación de una fibra óptica es necesario utilizar conectores o empalmar Pigtails (cables armados con conector) por medio de fusión. Para el caso de conectorización se encuentran distintos tipos de conectores dependiendo el uso y l normativa mundial usada y sus características.

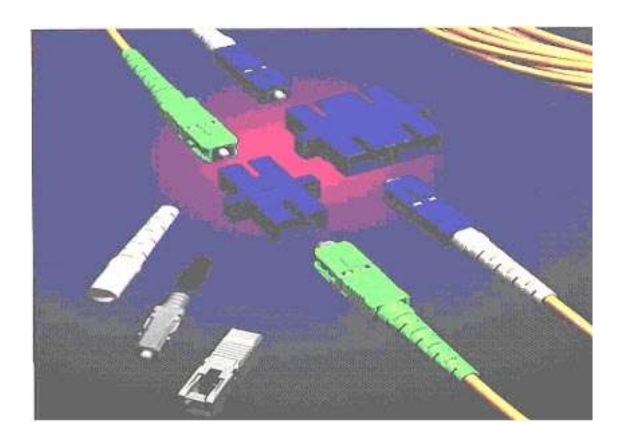
ST conector de Fibra para Monomodo o Multimodo con uso habitual en Redes de Datos y equipos de Networking locales en forma Multimodo.



FC conector de Fibra Óptica para Monomodo o Multimodo con uso habitual en telefonía y CATV en formato Monomodo y Monomodo Angular.-



SC conector de Fibra óptica para Monomodo y Multimodo con uso habitual en telefonía en formato monomodo.



Emisores del haz de luz

Estos dispositivos se encargan de emitir el haz de luz que permite la transmisión de datos, estos emisores pueden ser de dos tipos:

- **LEDs.** Utilizan una corriente de 50 a 100 mA, su velocidad es lenta, solo se puede usar en fibras multimodo, pero su uso es fácil y su tiempo de vida es muy grande, además de ser económicos.
- **Lasers**. Este tipo de emisor usa una corriente de 5 a 40 mA, son muy rápidos, se puede usar con los dos tipos de fibra, monomodo y multimodo, pero por el contrario su uso es difícil, su tiempo de vida es largo pero menor que el de los LEDs y también son mucho más costosos.

Conversores luz-corriente eléctrica

Este tipo de conversores convierten las señales ópticas que proceden de la fibra en señales eléctricas. Se limitan a obtener una corriente a partir de la luz modulada incidente, esta corriente es proporcional a la potencia recibida, y por tanto, a la forma de onda de la señal moduladora.

Se fundamenta en el fenómeno opuesto a la recombinación, es decir, en la generación de pares electrón-hueco a partir de los fotones. El tipo más sencillo de detector corresponde a una unión semiconductora P-N.

Las condiciones que debe cumplir un fotodetector para su utilización en el campo de las comunicaciones, son las siguientes:

- La corriente inversa (en ausencia de luz) debe ser muy pequeña, para así poder detectar señales ópticas muy débiles (alta sensibilidad).
- Rapidez de respuesta (gran ancho de banda).
- El nivel de ruido generado por el propio dispositivo ha de ser mínimo.

Hay dos tipos de detectores: los fotodiodos PIN y los de avalancha APD.

- **Detectores PIN**: Su nombre viene de que se componen de una unión P-N y entre esa unión se intercala una nueva zona de material intrínseco (I), la cual mejora la eficacia del detector.

Se utiliza principalmente en sistemas que permiten una fácil discriminación entre posibles niveles de luz y en distancias cortas.

- **Detectores APD**: El mecanismo de estos detectores consiste en lanzar un electrón a gran velocidad (con la energía suficiente), contra un átomo para que sea capaz de arrancarle otro electrón.

Estos detectores se pueden clasificar en tres tipos:

- **de silicio:** presentan un bajo nivel de ruido y un rendimiento de hasta el 90% trabajando en primera ventana. Requieren alta tensión de alimentación (200-300V).
- **de germanio**: aptos para trabajar con longitudes de onda comprendidas entre 1000 y 1300 nm y con un rendimiento del 70%.
- de compuestos de los grupos III y V.

VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA DE LA FIBRA ÓPTICA

Baja Atenuación

Las fibras ópticas son el medio físico con menor atenuación. Por lo tanto se pueden establecer enlaces directos sin repetidores, de 100 a 200 Km . con el consiguiente aumento de la fiabilidad y economía en los equipamientos.

Gran ancho de banda

La capacidad de transmisión es muy elevada, además pueden propagarse simultáneamente ondas ópticas de varias longitudes de onda que se traduce en un mayor rendimiento de los sistemas. De hecho 2 fibras ópticas serían capaces de transportar, todas las conversaciones telefónicas de un país, con equipos de transmisión capaces de manejar tal cantidad de información (entre 100 MHz/Km a 10 GHz/Km).

Peso y tamaño reducidos

El diámetro de una fibra óptica es similar al de un cabello humano. Un cable de 64 fibras ópticas, tiene un diámetro total de 15 a 20 mm . y un peso medio de 250 Kg/km. Si comparamos estos valores con los de un cable de 900 pares calibre 0.4 (peso 4,000 Kg/Km y diámetro 40 a 50 mm) se observan ventajas de facilidad y costo de instalación, siendo ventajoso su uso en sistemas de ductos congestionados, cuartos de computadoras o el interior de aviones.

Gran flexibilidad y recursos disponibles

Los cables de fibra óptica se pueden construir totalmente con materiales dieléctricos, la materia prima utilizada en la fabricación es el dióxido de silicio ($Si0_2$) que es uno de los recursos más abundantes en la superficie terrestre.

Aislamiento eléctrico entre terminales

Al no existir componentes metálicos (conductores de electricidad) no se producen inducciones de corriente en el cable, por tanto pueden ser instalados en lugares donde existen peligros de cortes eléctricos.

Ausencia de radiación emitida

Las fibras ópticas transmiten luz y no emiten radiaciones electromagnéticas que puedan interferir con equipos electrónicos, tampoco se ve afectada por radiaciones emitidas por otros medios, por lo tanto constituyen el medio más seguro para transmitir información de muy alta calidad sin degradación.

Costo y mantenimiento

El costo de los cables de fibra óptica y la tecnología asociada con su instalación ha caído drásticamente en los últimos años. Hoy en día, el costo de construcción de una planta de fibra óptica es comparable con una planta de cobre. Además, los costos de mantenimiento de una planta de fibra óptica son muy inferiores a los de una planta de cobre. Sin embargo si el requerimiento de capacidad de información es bajo la fibra óptica puede ser de mayor costo.

Las señales se pueden transmitir a través de zonas eléctricamente ruidosas con muy bajo índice de error y sin interferencias eléctricas.

Las características de transmisión son prácticamente inalterables debido a los cambios de temperatura, siendo innecesarios y/o simplificadas la ecualización y compensación de las variaciones en tales propiedades. Se mantiene estable entre -40 y 200 $ºC$.

Por tanto dependiendo de los requerimientos de comunicación la fibra óptica puede constituir el mejor sistema.

DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

- ✓ La alta fragilidad de las fibras.
- ✓ Necesidad de usar transmisores y receptores más caros.
- ✓ Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable.
- ✓ La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión eléctrica-óptica.
- ✓ La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.
- ✓ No existen memorias ópticas.

El costo de la fibra sólo se justifica cuando su gran capacidad de ancho de banda y baja atenuación es requerida. Para bajo ancho de banda puede ser una solución mucho más costosa que el conductor de cobre.

La fibra óptica no transmite energía eléctrica, esto limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados.

Las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras de silicio y producir cambios en la atenuación. El agua corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica.

APLICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA

Internet

El servicio de conexión a Internet por fibra óptica, derriba la mayor limitación del ciberespacio: su exasperante lentitud. El propósito del siguiente artículo es describir el mecanismo de acción, las ventajas y sus desventajas.

Para navegar por la red mundial de redes, Internet, no sólo se necesitan un computador, un módem y algunos programas, sino también una gran dosis de paciencia. El ciberespacio es un mundo lento hasta el desespero. Un usuario puede pasar varios minutos esperando a que se cargue una página o varias horas tratando de bajar un programa de la Red a su PC.

Esto se debe a que las líneas telefónicas, el medio que utiliza la mayoría de los 50 millones de usuarios para conectarse a Internet, no fueron creadas para transportar videos, gráficas, textos y todos los demás elementos que viajan de un lado a otro en la Red.

Pero las líneas telefónicas no son la única vía hacia el ciberespacio. Recientemente un servicio permite conectarse a Internet a través de la fibra óptica.

La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps, impensable en el sistema convencional, en el que la mayoría de usuarios se conecta a 28.000 0 33.600 bps.



Redes

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica. Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia, que proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas. Una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 km, frente a aproximadamente 1,5 km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

Otra aplicación cada vez más extendida de la fibra óptica son las redes de área local. Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados como ordenadores (computadoras) o impresoras. Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios. El desarrollo de nuevos componentes electroópticos y de óptica integrada aumentará aún más la capacidad de los sistemas de fibra.

Red de área local o LAN, conjunto de ordenadores que pueden compartir datos, aplicaciones y recursos (por ejemplo impresoras). Las computadoras de una red de área local (LAN, *Local Area Network*) están separadas por distancias de hasta unos pocos kilómetros, y suelen usarse en oficinas o campus universitarios. Una LAN permite la transferencia rápida y eficaz de información en el seno de un grupo de usuarios y reduce los costes de explotación.

Otros recursos informáticos conectados son las redes de área amplia (WAN, *Wide Area Network*) o las centralitas particulares (PBX). Las WAN son similares a las LAN, pero conectan entre sí ordenadores separados por distancias mayores, situados en distintos lugares de un país o en diferentes países; emplean equipo físico especializado y costoso y arriendan los servicios de comunicaciones. Las PBX proporcionan conexiones informáticas continuas para

la transferencia de datos especializados como transmisiones telefónicas, pero no resultan adecuadas para emitir y recibir los picos de datos de corta duración empleados por la mayoría de las aplicaciones informáticas.

Las redes de comunicación públicas están divididas en diferentes niveles; conforme al funcionamiento, a la capacidad de transmisión, así como al alcance que definen. Por ejemplo, si está aproximándose desde el exterior hacia el interior de una gran ciudad, se tiene primeramente la red interurbana y red provicional, a continuación las líneas prolongadas aportadoras de tráfico de más baja capacidad procedente de áreas alejadas (red rural), hacia el centro la red urbana y finalmente las líneas de abonado. Los parámetros dictados por la práctica son el tramo de transmisión que es posible cubrir y la velocidad binaria específica así como el tipo de fibra óptica apropiado, es decir, cables con fibras monomodo ó multimodo.



Telefonía

Con motivo de la normalización de interfaces existentes, se dispone de los sistemas de transmisión por fibra óptica para los niveles de la red de telecomunicaciones públicas en una amplia aplicación, contrariamente para sistemas de la red de abonado (línea de abonado), hay ante todo una serie de consideraciones.

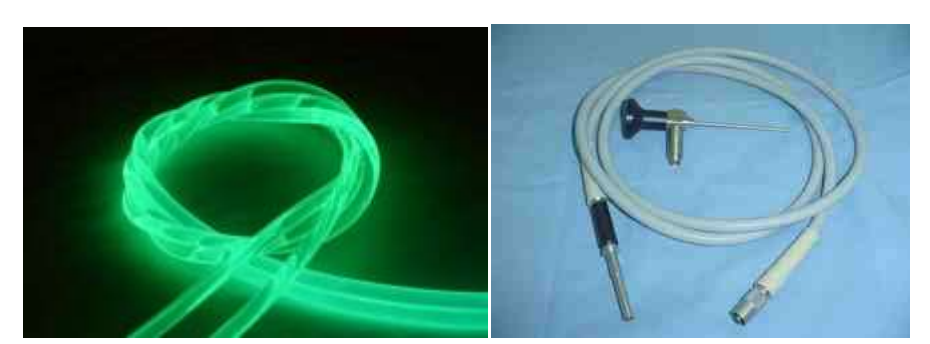
Para la conexión de un teléfono es completamente suficiente con los conductores de cobre existentes. Precisamente con la implantación de los servicios en banda ancha como la videoconferencia, la videotelefonía, etc, la fibra óptica se hará imprescindible para el abonado. Con el BIGFON (red urbana integrada de telecomunicaciones en banda ancha por fibra óptica) se han recopilado amplias experiencias en este aspecto. Según la estrategia elaborada, los servicios de banda ancha posteriormente se ampliarán con los servicios de distribución de radio y de televisión en una red de telecomunicaciones integrada en banda ancha (IBFN).



Otras aplicaciones

Las fibras ópticas también se emplean en una amplia variedad de sensores, que van desde termómetros hasta giroscopios. Su potencial de aplicación en este campo casi no tiene límites, porque la luz transmitida a través de las fibras es sensible a numerosos cambios ambientales, entre ellos la presión, las ondas de sonido y la deformación, además del calor y el movimiento. Las fibras pueden resultar especialmente útiles cuando los efectos eléctricos podrían hacer que un cable convencional resultara inútil, impreciso o incluso peligroso. También se han desarrollado fibras que transmiten rayos láser de alta potencia para cortar y taladrar materiales.

La aplicación más sencilla de las fibras ópticas es la transmisión de luz a lugares que serían difíciles de iluminar de otro modo, como la cavidad perforada por la turbina de un dentista. También pueden emplearse para transmitir imágenes; en este caso se utilizan haces de varios miles de fibras muy finas, situadas exactamente una al lado de la otra y ópticamente pulidas en sus extremos. Cada punto de la imagen proyectada sobre un extremo del haz se reproduce en el otro extremo, con lo que se reconstruye la imagen, que puede ser observada a través de una lupa. La transmisión de imágenes se utiliza mucho en instrumentos médicos para examinar el interior del cuerpo humano y para efectuar cirugía con láser, en sistemas de reproducción mediante facsímil y fotocomposición, en gráficos de ordenador o computadora y en muchas otras aplicaciones.



Sensores De Fibra Óptica *Uso de fibroscopia con video en oído*



Endoscopio rígido con fibra óptica para fuente de luz

CÓDIGO DE COLORES ESTÁNDARES TIA-598-A FIBRAS OPTICAS

	1 = AZUL
	2 = NARANJA
	3 = VERDE
	4 = MARRON
	5 = GRIS
	6 = BLANCO
	7 = ROJO
	8 = NEGRO
	9 = AMARILLO
	10 = VIOLETA
	11 = ROSA
	12 = CELESTE

CÁLCULO DE ENLACE FIBRA ÓPTICA

Características de Transmisión

Para una correcta planificación de las instalaciones de cables con fibras ópticas es necesario considerar la atenuación total del enlace y el ancho de banda del cable utilizado.

Para el cálculo de atenuación de enlace se consideran 2 métodos:

- Cálculo del cable de fibra óptica
- Cálculo del margen de enlace con cable de fibra óptica seleccionado

Cálculo del cable

La atenuación total del cable considerando reserva será:

$$\mathbf{a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L}$$

L = longitud del cable en *Km.*

a_L = coeficiente de atenuación en *dB/Km*

n_e = número de empalmes

a_e = atenuación por empalme

n_c = número de conectores

a_c = atenuación por conector

a_r = reserva de atenuación en *dB/Km*

La reserva de atenuación (margen de enlace), permite considerar una reserva de atenuación para empalmes futuros (reparaciones) y la degradación de la fibra en su vida útil (mayor degradación por absorción de grupos OH).

La magnitud de la reserva depende de la importancia del enlace y particularidades de la instalación, se adopta valores entre 0.1 dB/Km y 0.6 dB/Km.

Las pérdidas en los empalmes se encuentran por debajo de 0.1 dB/Km no superan 0.5 dB/Km.

El enlace será proyectado para un margen de potencia igual a la máxima atenuación antes de ser necesario un repetidor.

$$P_M = P_t - P_u$$

Donde:

P_M = Margen de potencia en dB (máxima atenuación permisible)

P_t = Potencia del transmisor en dB

P_u = Potencia de umbral en dB (dependiente de la sensibilidad del receptor)

La potencia de salida del transmisor es el promedio de la potencia óptica de salida del equipo generador de luz empleando un patrón estándar de datos de prueba.

El umbral de sensibilidad del receptor para una tasa de error de bit (BER) es la mínima cantidad de potencia óptica necesaria para que el equipo óptico receptor obtenga el BER deseado dentro del sistema digital. En los sistemas analógicos es la mínima cantidad de potencia de luz necesaria para que el equipo óptico obtenga el nivel de señal a ruido (S/N) deseado.

Por lo tanto de la expresión de

$$a_t = P_M$$

$$a_L = \frac{P_M - n_e a_e - n_c a_c - L a_r}{L}$$

Fija la máxima atenuación por Km para el cable a ser seleccionado.

Cálculo del margen

La atenuación total en dB sin considerar reserva del cable será:

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c$$

Siendo $P_M = P_t - P_u$

El margen de enlace M_e en dB será:

$$M_e = P_m - a_t$$

Ejemplo

Tenemos un enlace para un sistema de 34 *Mbits* y λ= 1300 *nm.*

Supongamos que *L* = 25 *Km* y se emplean fibras ópticas de 2000 *mts.* por lo que se requieren 12 empalmes con atenuación promedio de 0.2 *dB,* los conectores de transmisión y recepción con atenuación 0.5 *dB.*

1.- Cálculo de la fibra

La reserva fijamos en 0.3 *dB/Km*

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L = 25 * a_L + 12 * 0.2 + 2 * 0.5 + 25 * 0.3 = P_M$$

Para una potencia de transmisión de 0 dB y un umbral de sensibilidad de –30 dBm (BER 10^{-9})

El margen de potencia máxima = 30 dB

$$a_r = \frac{30 - 2.4 - 1 - 7.5}{25} = \frac{19.1}{25} = 0.76 \ dB / Km$$

Podemos elegir un cable con una atenuación menor o igual a 0.76 dB/Km

Cálculo de margen de enlace M_e

Suponemos una fibra con a_L = 0.7 dB/Km

$$\mathbf{a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c}$$

$$\mathbf{a_t = 15 \cdot 0.7 + 12 \cdot 0.2 + 2 \cdot 0.5 = 18.74\ dB}$$

Si P_M = 30 dB

El margen de enlace será:

$$M_e = P_m - a_t = 30 – 18.74$$

M_e **= 11.26 dB**

Será la atenuación máxima adicional permisible para degradaciones futuras del enlace.

Ancho de banda en fibras de índice gradual

El ancho de banda se encuentra limitado por la dispersión modal y/o del material si se usa LED con gran ancho espectral y λ= 850 *nm* predomina dispersión intermodal, con LD yλ= 1300 *nm* predomina dispersión del material.

Existen varios métodos para calcular en forma aproximada la variación del ancho de banda en función de la longitud.

$$b_1 = B_1 L_1$$

Para perfil de índice gradual con ancho del sistema *B* y longitud *L* es aplicable el método de ley de potencias

$$\left(\frac{B}{B_1}\right) = \left(\frac{L}{L_1}\right)^{-\gamma}$$

B = ancho de banda del sistema en *MHz*

b_1 = ancho de banda por longitud en *MHz*Km*

B_1 = ancho de banda del cable de fibra óptica en MHz a L_1

L_1 = longitud de fibra óptica generalmente 1 *Km* para B_1

L = longitud de la fibra del enlace en *Km*

El ancho de banda no disminuye linealmente con la longitud por la dispersión de modos se aproxima con γ (exponente longitudinal) entre 0.6 y 1 (valor empírico 0.8).

Para el ejemplo de perfil de índice gradual y λ= 1300 *nm* el ancho de banda *B* para sistema de 34 *Mbits* es ≥ 50 *MHz* ancho de banda de campo regulador tanto para LED como para LD (para 8 *Mbits* ≥ 25 *MHz* y para 140 *Mbits* ≥ 120 *MHz*

$$b_1 = B_1 L_1 = \frac{BL_1}{\left(L/L_1\right)^{-\gamma}} = BL_1\left(L/L_1\right)^{\gamma} = 50\,MHz * 1\,Km * 25^{0.8} \cong 657\,MHz * Km$$

En fibra óptica de perfil de índice gradual λ= 1300 *nm* b_1 incrementa en pasos de 200 *MHz/Km* (600 – 800 – 1000 *MHz/Km*), por tanto para 657 se adopta 800 *MHz*Km.*

Dispersión de fibra óptica monomodo

En sistemas digitales se usa LD hasta 140 *Mbits/seg* se desprecia el ancho de banda de la fibra monomodo ya que es *GHz*.

Por tanto para monomodo se calcula dispersión en lugar de ancho de banda.

El ensanchamiento del pulso $\Delta T = M(\lambda)\ \Delta\lambda\ L$

ΔT = ensanchamiento del pulso en *ps*

$M(\lambda)$ = dispersión cromática en *ps/nm*Km*

$\Delta\lambda$ = ancho espectral medio del emisor en *nm*

L = longitud de la fibra en *Km*

Por ejemplo para:

L = 25 *Km*

λ = 1330 *nm*

$\Delta\lambda$ = 5 *nm*

$M(\lambda)$ = 3.5 *ps/nm*Km*

Resulta ΔT = 3.5 * 5 * 25 = 437.5 *ps*

De la expresión para el cálculo de ancho de banda

$$B = \frac{0.441}{\Delta T} = \frac{0.441}{437.5} \cong 1\ GHz$$

El cálculo de la dispersión en sistemas encima de 565 *Mbits/seg* considera adicionalmente características del láser como ruido de distribución de modos.

CONCLUSION

Se puede concentrar una definición de Fibra óptica, de la siguiente forma: material transparente con un índice de refracción alto que se emplea para transmitir luz. Cuando la luz

entra por uno de los extremos de la fibra, se transmite con muy pocas pérdidas incluso aunque la fibra esté curvada.

Se puede decir que la fibra óptica constituye una etapa en la electrónica moderna muy importante, tal como lo fueron las piedras en la edad de mismo nombre, pues constituye la piedra angular del desarrollo tecnológico contemporáneo. La fibra óptica no solo ha permitido profundizar en las interconexiones de escala, sino ha permitido llegar a desarrollos inimaginables hace un par de décadas, tales como la endoscopia utilizada en la cirugía cardiovascular, que consiste en la exploración en tiempo real de los vasos sanguíneos con la ayuda de una cámara.

En el futuro las fibras ópticas estarán mucho más cerca de lo que están hoy, si hoy existen fibras ópticas hasta las centrales telefónicas zonas con muchos edificios, en unos años ninguna casa o edificio dejará de tener su cable óptico y posiblemente sólo habrá que conectarla directamente a la computadora y la televisión para disfrutar de todas sus ventajas.

Así pues, las fibras ópticas son y serán por mucho tiempo más el medio mas rápido y eficiente de las comunicaciones, hasta que se invente un nuevo sistema que pueda llegar a superar todas las bondades de las fibras.

BIBLIOGRAFIA

www.wikipedia.org

www.monografias.com

www.textoscientificos.com

www.radi**optica**.com

www.**fibra-optica**.org

www.osa.org

www.cidiroax.ipn.mx

www.foros.emagister.com

www.electronica-basica.com